

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka, Lappeenranta
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kone- ja tuotesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Timo Myöhänen

PAPERIRULLASAHAN PÖLYNPOISTON KEHITYSEHDOTUS

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Timo Myöhänen

Paperirullasahan pölynpoiston kehitysehdotus

43 sivua, 16 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta

Tekniikka, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja tuotesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö, 2011

Ohjaajat: Lehtori Veli-Pekka Jurvanen, Saimaan ammattikorkeakoulu; Mekaaninen suunnittelija Markus Varis, UPM-Kymmene Oyj Kaukas

Tämä opinnäytetyö esittelee kehitysehdotuksen paperirullasahan pölynpoistoon UPM-Kymmene Oyj:lle. Työn tavoitteena on eliminoida syklonisuodattimen suppilon holvaantumisongelma.

Työ suoritettiin tuotekehitysprojektina, jonka vaiheina olivat alkuperäisten piirustusten tutkiminen, ratkaisuvaihtoehtojen ideointi, uudelleensuunnittelu ja kustannuslaskelma. Työn tuloksena suunnitelluista vaihtoehdoista valittiin yhdessä seurantatyöryhmän kanssa parhaiden sopiva ja kyseisestä ratkaisusta laadittiin tarvittava työpiirustukset.

Asiasanat: pölynpoisto, syklonisuodatin, paperirullasaha, holvaantuminen, koneensuunnittelu

ABSTRACT

Timo Myöhänen

43 pages, 16 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Mechanical engineering and production technology

Machine design

Final year thesis 2011

Instructors: Mr. Veli-Pekka Jurvanen, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences; Mr. Markus Varis, Design Engineer, UPM-Kymmene Oyj Kaukas

This thesis presents a proposal of developing a system for removing paper dust from paper roll cutter. The commissioning company was UPM-Kymmene Oyj and the goal was to eliminate the vaulting problem of the cyclone filter funnel.

The work was carried out as a product development project with several phases beginning with the studying of the original drawings and brainstorming for possible solutions, and after the selection of best practises, concluding in the redesigning of the dust removal unit and calculating a cost estimate.

In cooperation with the monitoring team, one solution was chosen from the options created in the thesis as the best suiting solution and technical drawings were drawn up.

Keywords: paper roll cutter, cyclone filter, dust removal unit, vaulting, machine designing

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 YRITYS	7
2.1 UPM-Konserni	7
2.2 Kaukaan tehtaat	7
2.3 Paperitehdas	8
3 TUOTEKEHITYS	10
3.1 Tehtävän selvittely	13
3.2 Luonnostelu	13
3.3 Kehittely	14
3.4 Viimeistely	14
4 RULLASAHAN PÖLYNPOISTO	15
4.1 Pölynpoistoyksikkö	15
4.1.2 Toiminta	17
4.2 Tehtävän selvittely	18
4.3 Vaatimuslista	20
5 RATKAISUVAIHTOEHDOT	21
5.1 Syklonisuodattimen siirto ulkotiloihin	21
5.2 Sahausjätteen liettäminen	22
5.3 Nykyisen suppilon seinämän pinnoitus	23
5.4 Mekaaninen sekoitin	23
5.4.1 Pystysekoitin	23
5.4.2 Veitsipurkain	24
5.5 Kiinalainen hattu	25
5.6 Mekaaniset virtaukset edistäjät	26
5.6.1 Vasarat	27
5.6.2 Täryttimet	27
5.7 Fluidisointi	28
5.7.1 Gun- Jet ilmatykki	28
5.7.2 Fluidilevyt	29
6 KEHITYSEHDOTUKSET	31
6.1 Valintataulukko ratkaisuvaihtoehtoista	31
6.2 Valittu vaihtoehto	32
6.3 Kustannusarvio	33
6.4 Teräsrakenteiden lujuuslaskenta	33
6.4.1 Tukivoimat ja maksimimomentti	33
6.4.2 Taivutuksesta aiheutuva normaalijännitys	36
6.4.3 Taivutuksesta aiheutuva leikkausjännitys	37
6.4.4 Pilarin nurjahduskestävyys	38
6.5 Hoitotason ja portaiden suunnittelu	39
6.6 Suunnitellun kokonaisuuden riskianalyysi	39
7 LOPPUTULOS JA PÄÄTELMÄT	41
KUVAT	42
TAULUKOT	42
LÄHTEET	43

LIITTEET

Liite 1 Kustannusarvio

Liite 2 Työpiirustus 10000018930

Liite 3 Työpiirustus 10000018934

Liite 4 Työpiirustus 10000018936

Liite 5 Työpiirustus 10000018938

Liite 6 Työpiirustus 10000018939

Liite 7 Työpiirustus 10000018942

Liite 8 Työpiirustus 10000018943

Liite 9 Työpiirustus 10000018946

Liite 10 Työpiirustus 10000018947

Liite 11 Työpiirustus 10000018949

Liite 12 Työpiirustus 10000018950

Liite 13 Työpiirustus 10000018951

Liite 14 Työpiirustus 10000018953

Liite 15 Työpiirustus 10000018954

Liite 16 Työpiirustus 10000018955

1 JOHDANTO

Tavoitteenani oli saada opinnäytetyöksi suuntautumisvaihtoehtoani eli koneen-suunnittelua vastaava aihe. Toimeksiantajaksi sain UPM-Kymmene kaukaan paperitehtaan mekaanisensuunnitteluosaston ja aiheeksi valikoitui paperitehtaan jälkikäsittelyosaston rullasahan pölynsuodatusjärjestelmän muutostyö. Työ vaikutti heti ensisilmäyksellä todella mielenkiintoiselta. Insinööritutkintoon ei kuulu materiaalinsuodatusjärjestelmiin liittyvää opintojaksoa, joten opinnäytetyö on erinomainen mahdollisuus perehtyä asiaan syvällisesti.

Pölynpoistojärjestelmät vaihtelevat kohteen ja suodatettavan materiaalin mukaan erittäin paljon, joten päätin kohdistaa voimavarani vain käytössä olevaan letkusuodatusjärjestelmään.

Työ tehtiin pääasiassa UPM-Kymmene Oy:n Kaukaan paperitehtaan suunnittelutoimistossa. 3D-mallit, luonnokset ja työpiirustukset ratkaisuihin tehtiin Saimaan ammattikorkeakoulussa SolidWorks 3D-suunnitteluohjelmalla. Työhön tarvittavaa tietoa hankittiin paperitehtaan henkilöstöltä, kiintoaineen suodatusta käsittelevästä kirjallisuudesta sekä materiaalin suodatus- ja purkauslaitteistoja valmistavilta yrityksiltä.

2 YRITYS

2.1 UPM-Konserni

Opinnäytetyön suorituspaikkana on Kaukaan paperitehdas, joka kuuluu UPM-Kymmene konserniin. UPM-Kymmene—konserni on yksi maailman johtavista metsäteollisuusyhtiöistä. Tuotantoa konsernilla on 14 eri maassa, joissa työskentelee noin 23 000 henkilöä. Liiketoiminta jakaantuu kolmeen ryhmään: Energia ja sellu, Paperi sekä Tekniset materiaalit. (UPM-Kymmene intranet, UPM lyhyesti)

2.2 Kaukaan tehtaat

Toiminta nykyisellä Kaukaan tehdasalueella (Kuva 2.1) Lappeenrannassa alkoi vuonna 1892, kun Mäntsälässä Kaukaankosken rannalla vuodesta 1873 lähtien toimineen rullatehtaan tuotanto siirrettiin Parkkarilan tilan alueelle Saimaan rannalle Lappeenrantaan. Syy tehtaan siirrolle oli raaka-aineen saannin turvaaminen: lankarullat valmistettiin koivusta. Puisia lankarullia Kaukaalla valmistettiin vuoteen 1972 asti.

Nykyisin Kaukaan tehdasalueella Lappeenrannassa valmistetaan paperia, sellua, mäntyöljyä, sahatavaraa ja sahatavarajalosteita. Alueen laitokset muodostavat tehokkaan integraatin, jossa sekä puuraaka-aine että tuotettu energia käytetään tehokkaasti ja monipuolisesti hyväksi. Tehdasalueen koko on noin 300 hehtaaria, mukaan lukien tukkien vesivarastoalueet.

UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan yksikköön kuuluvat Kaukaan paperitehdas, sellutehdas ja tehdaspalvelu sekä lisäksi energiahuolto ja puunhankinta, jotka palvelevat kaikkia alueella toimivia UPM:n yksiköitä. Kaukaan henkilöstömäärä on noin 800 henkilöä.



Kuva 2.1 Kaukaan tehdasalue (UPM-Kymmene Oyj, Yleisesittely 2010)

2.3 Paperitehdas

Kaukaan paperitehdas valmistaa päällystettyjä hiokepitoisia aikakauslehtipaperilajeja. Lajien pääraaka-aineet ovat kuusihioke, valkaistu havusellu ja päällystyspasta, joka valmistetaan erilaisista luonnonmineraaleista, kuten kaoliinista ja kalsiumkarbonaatista.

Tehtaan ensimmäinen linja otettiin käyttöön vuonna 1975, toinen linja vuonna 1981. Vuonna 1989 käynnistyi tehtaan kolmas päällystyskone. Nykyisin tehtaalla on hiomo, kaksi paperikonetta, kolme päällystyskonetta, viisi superkalanteria, neljä pituusleikkuria ja automatisoitu pakkauslinja. Vuotuinen kapasiteetti on 580 000 tonnia.

Paperitehtaan asiakkaita ovat kustantajat ja painotalot eri puolilla maailmaa. Päämarkkina-alue on läntinen Eurooppa, mutta uskollisia, pitkäaikaisia asiakkaita Kaukaalla on myös Japanissa, USA:ssa, Brasiliassa ja Argentiinassa.

Tehtaan kokonaismyynnistä noin 10 % menee kotimaisille asiakkaille. Kaukaan valmistamia paperilajeja käytetään aikakauslehdissä, myyntiluetteloissa ja mainospainotuotteissa.(UPM Kaukaan tehtaat yleisesittely 2010; Toiminta Kaukaan tehdasalueella.)

3 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitys on toimintaa, jonka tavoitteena on kehittää uusi tai parannettu tuote. Sen tavoitteena on täyttää asetetut tekniset ja taloudelliset tavoitteet niin hyvin kuin on mahdollista ja tarkoituksenmukaista. (Jokinen, 1998.)

Menneinä aikoina ei yrityksissä tuotekehitystä tehty erityisiä menetelmiä käyttäen, vaan sitä tehtiin vastaantulevien tilanteiden johdattamina. Tuotteiden eliniän lyhenemisen myötä tarve kehittää yleisesti sovellettavia suunnittelumenetelmiä on kasvanut. Tuotekehityspanoksen kasvattaminen ja toisaalta kiristynyt kilpailu edellyttävät alenevia tuotekehityskustannuksia sekä halvempia ja laadukkaampia tuotteita. Erityisesti saksalaiset ovat kehittäneet entistä parempia systemaattisia suunnittelumenetelmiä. (Jokinen 1998.)

Tuotekehitysprojektien jaottelussa käytetään eri nimityksiä, mutta pääpiirteissään ne voidaan jakaa Jokisen (1998) esittämiin kolmeen lajiin: aivan uuden tuotteen suunnittelu, olemassa olevan tuotteen edelleenkehitys tai tuotteen uudelleen sovittaminen johonkin toiseen tarkoitukseen. Nykypäivänä, tuotteiden eliniän lyhentymisen myötä, tuotekehityksen asema yritysten toiminnassa korostuu. Yritysten on koko ajan kehitettävä uusia tuotteita ja parannettava vanhoja, muutoin edessä on aika, jolloin yrityksen tuotteet ovat vanhentuneita eivätkä vastaa enää kuluttajan vaatimuksia.

Tuotteen edelleenkehityksellä pyritään parempaan tekniseen toimintaan ja huokeampiin tuotantokustannuksiin. Sen aloittamiseen voi olla monia kannustimia, kuten tuotantolaitteiden ja -menetelmien kehitys, käytössä havaitut ongelmat tai halu kilpailukyvyn parantamiseen. (Jokinen 1998.)

Tuotekehitykseen nykyisin usein liitetään termi DFM (Design For Manufacturing), jonka suomenkielisenä vastineena käytetään usein valmistusystävällistä tai valmistusmyönteistä suunnittelua. DFM on tuotekehityksen osa-alue, jonka

pyrkimyksenä on alentaa tuotteiden valmistuskustannuksia suunnittelun keinoin tekemättä investointeja tuotantolaitteisiin tai -tiloihin.

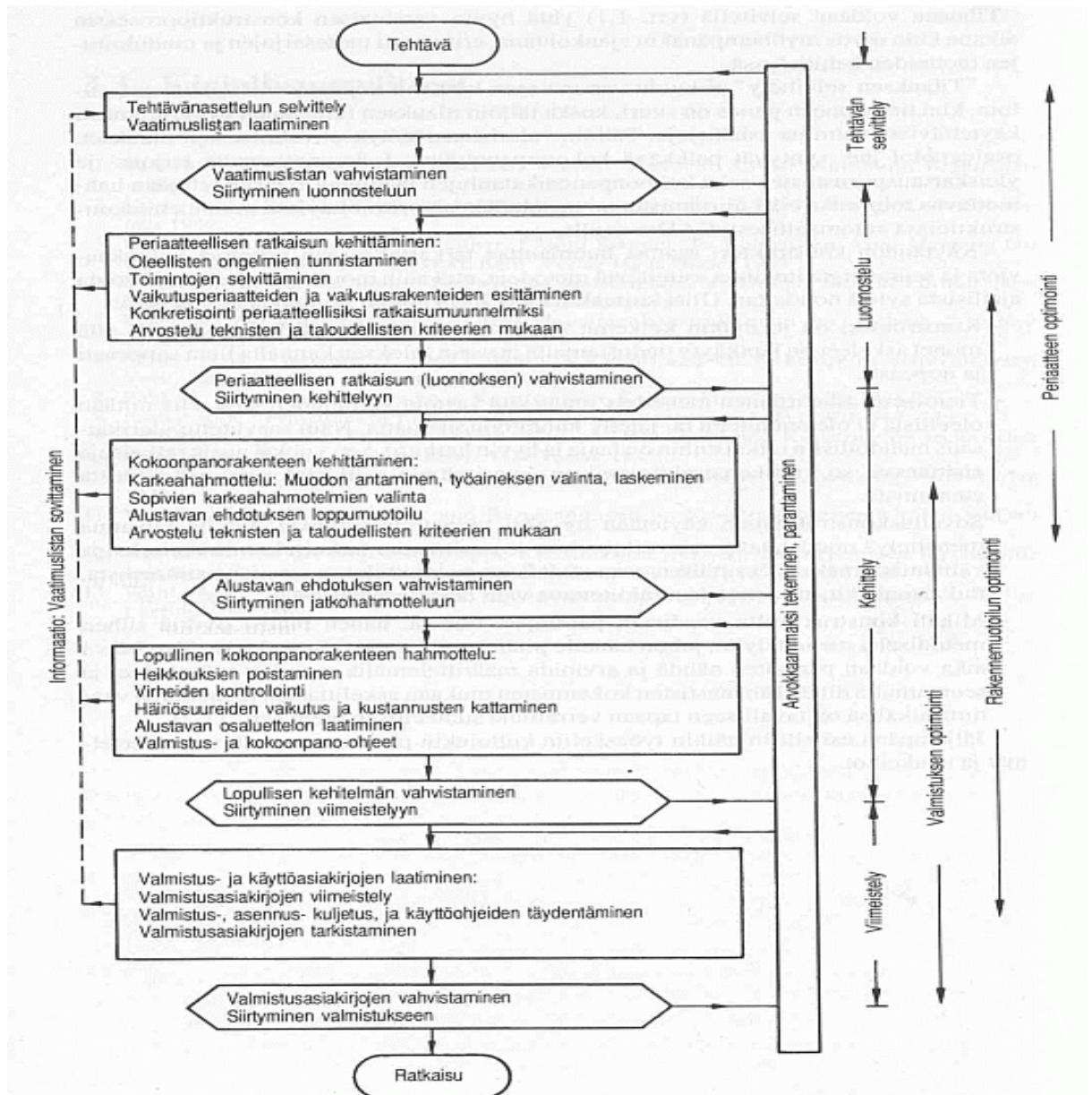
Nykyaikaiselle tuotekehitykselle, johon myös DFM luetaan, on olennaista se, että siinä tuotekehitys tapahtuu ryhmätyöskentelynä, johon osallistuu suunnittelijoiden lisäksi edustajia yrityksen eri toiminnoista koko tuotantoketjun matkalta markkinoinnista valmistukseen sekä tarpeen ja mahdollisuuksien mukaan myös asiakkaiden edustajia. Tämä on melkoinen muutos entisaikojen tuotekehitystoimintaan, jolloin suunnitteluinsinööri yksin tai muiden suunnitteluosaston jäsenten kanssa suunnitteli tuotteen ja valmistusosasto sai pohdittavakseen valmistustekniset ongelmat ja epäkohdat. (Anderson 2007.)

DFM-ajattelun mukaisia, valmistukselliset näkökohdat huomioonottavia tuotekehitysprojekteja aloitettiin 1980-luvulla runsaasti, ja nykyään se on olennainen osa jokaista tuotekehitysprojektia. Näiden panostusten myötä parantuneiden suunnittelutulosten johdosta eräät valmistajat ovat ilmoittaneet onnistuneensa alentamaan tuotantokustannuksia jopa 50 prosenttia. (Ulrich & Eppinger 2000.)

Tällaisten säästöjen saavuttamiseksi on yleensä järjestettävä täysimittainen tuotekehitysprojekti, jossa koko tuoterakenne arvioidaan ja suunnitellaan uudelleen pyrkien osien yksinkertaistamiseen, vähentämiseen ja kokoonpanon helpouteen. Lisäksi voidaan tehdä materiaalivalintoja uusiksi välttämällä kalliiden materiaalien käyttöä kaikissa mahdollisissa kohteissa tuotteen turvallisuutta vaarantamatta.

Tämä työ on tuotteen edelleenkehitysprojekti, jossa uudelleensuunnittelu koskettaa vain muutamaa osaa kokonaisuudesta ja jossa asiakkaan vaatimukset asettavat rajat tämän projektin yhteydessä tehtäville muutoksille.

Tuotekehitysprosessi voidaan karkeasti jakaa neljään päävaiheeseen: tehtävän selvittelyyn, luonnosteluun, kehittelyyn ja viimeistelyyn. Kun nämä vaiheet jaotellaan tarkemmin, saadaan kuvan 3.1 mukainen kulkukaavio.



Kuva 3.1 Tuotekehitysprojekti (Pahl & Beitz 1992.)

Kuvassa nähdään tuotekehitysprosessin eteneminen työ- ja päätösaskelineen. Jokaista päätösaskelta, jotka kuvassa on merkitty monikulmioilla, seuraa kaavion mukaiseen seuraavaan työvaiheeseen siirtyminen tai paluu takaisin edellisen työvaiheen alkuun, jos ratkaisussa huomataan jotain epätydyttävää. (Pahl & Beitz 1992.)

3.1 Tehtävän selvittely

Tehtävän selvittely on tiedon hankintaa, jossa pyritään selvittämään ongelman luonne ja olemassa olevat reunaehdot. Mahdollisimman laaja tehtävän selvittely mahdollistaa työskentelyn, jossa korjaukset ja täydennykset rajoittuvat vain välttämättömimpään. Tehtävän selvittelyn tuloksena saadaan laadittua vaatimuslista, johon kirjataan selvästi kaikki kyseiseen ongelmaan liittyvät vaatimukset ja toivomukset.

Vaatimuslistaan kirjatut vaatimukset pitää täyttää kaikissa olosuhteissa, sillä täyttämättä jättäminen johtaa kyseisen ratkaisumallin hylkäämiseen sopimattomana. Toivomukset otetaan huomioon mahdollisuuksien mukaan. (Pahl & Beitz 1992.)

Kun kyseessä ei ole aivan uuden tuotteen kehittäminen, vaan kokemuksiin ja uusiin vaatimuksiin perustuva edelleenkehitys- tai parannusprojekti, on kannattavaa lähteä olemassa olevan ratkaisun virheiden ja häiriöiden analysoinnista ja laatia sen perusteella tuotteelle uusi vaatimuslista, johon sisällytetään myös mahdollisesti ilmenneet uudet toivomukset. Tämän listan perusteella on arvioitava, tarvitaanko rakenteelle uusi periaatteellinen ratkaisumalli vai riittääkö muutosten tekeminen olemassa olevaan rakenteeseen. Mikäli muutosten todetaan riittävän, voidaan luonnosteluvaihe jättää väliin ja siirtyä suoraan kehittelyyn ja viimeistelyyn. (Pahl & Beitz 1992.)

3.2 Luonnostelu

Luonnosteluvaiheessa etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuluonnoksia kehitettävälle tuotteelle. Ongelmat pyritään esittämään ja käsittelemään yleispätevästi, jolloin ei olla sidottuja työhön mahdollisesti liittyviin ennakkokäsityksiin ja ollaan vapaampia pääsemään erilaisiin ratkaisumalleihin.

Luonnosteluvaiheessa suunnittelija helposti asettaa itselleen näennäisiä rajoituksia, jotka perustuvat hänen ammattiosaamiseensa ja mahdollisiin aikaisem-

piin kokemuksiinsa samantyyppisistä ongelmista. Tämä voi johtaa hyvien ratkaisumallien keksimättä jäämiseen, kun ei osata tai haluta etsiä ratkaisua oman erikoisalan ulkopuolelta. Niinpä varsinkin uuden tuotteen suunnittelussa on tärkeää saada kehitysryhmään eri alojen edustajia, jotta ideoitaessa ratkaisuja saadaan riittävän laaja-alainen ja yleisluontoinen näkemys käsillä olevaan ongelmaan. (Jokinen 1998.)

3.3 Kehittely

Kehittely on se tuotekehityksen vaihe, jossa luonnosteluvaiheesta saadusta ratkaisuperiaatteesta kehitetään tuotteen tekninen rakenne. Kehittely on monivaiheinen prosessi, jossa vähitellen siirrytään abstraktista ratkaisuperiaatteesta konkreettiseen tuotteeseen. Kuvan 3 mukaisesti kehittelyssä luodaan tuotteen alustava kokoonpanorakenne, hahmotellaan karkeasti erilaisia osaratkaisuja, joista arvostelujen perusteella valitaan loppukokoonpanoon tulevat osat ja hahmotellaan lopullinen kokoonpano. (Pahl & Beitz 1992.)

Kehittelyn loppuvaiheessa on varmistuttava, että asetettuihin tavoitteisiin päästään sekä teknisesti että kustannusten osalta. Kun lopullinen kokoonpano on hyväksytty ja vahvistettu, siirretään se viimeistelyyn.

3.4 Viimeistely

Viimeistelyvaiheen aikana tuotteelle tehdään täydelliset työpiirustukset, joiden perusteella osat voidaan valmistaa sekä laaditaan kokoonpanopiirustukset lopputuotteen kokoonpanoa varten. Samoin tässä vaiheessa tehdään myös muut valmistus- ja käyttöasiakirjat, kuten osaluettelot, käyttöohjeet, laitteen riskianalyysit ja tarvittavat asennusohjeet. Kun nämä on hyväksytty ja vahvistettu, voidaan suunniteltu tuote siirtää valmistukseen. (Pahl & Beitz 1992.)

4 RULLASAHAN PÖLYNPOISTO

Nykyinen syklonisuodatin (Kuva 4.1) on teollisuuden kohdepoistojärjestelmiin erikoistuneen Clevertex Oy:n suunnittelema kokonaisuus, johon on tehty parannusyritys paperitehtaan mekaanisen suunnittelun toimesta vuonna 2008, lisäämällä neljä kappaletta fluidi-purkaimia suppilon reunoille estämään suodatettavan materiaalin holvaantuminen.

4.1 Pölynpoistoyksikkö

Syklonisuodattimen toiminnan kannalta oleelliset perustiedot on esitetty alla olevassa luettelossa. (Syklonisuodattimen käyttö ja huolto-ohjeet, Clevertex Oy, 2006)

- suodatinyksikkö: CT-60-60-2500L
- suodatus pinta-ala: 60 m²
- paine-eroon perustuva automaattinen suodatinletkujen paineilmapuhdistus
- puhallin CT-22-14 500-P, Teho 22 kW, ilmamäärä 14 500 m³/h
- sulkusyötin CT-400-600
- 60 kappaletta suodatinletkuja



Kuva 4.1 Nykyinen syklonisuodatin

4.1.1 Suodatettava materiaali

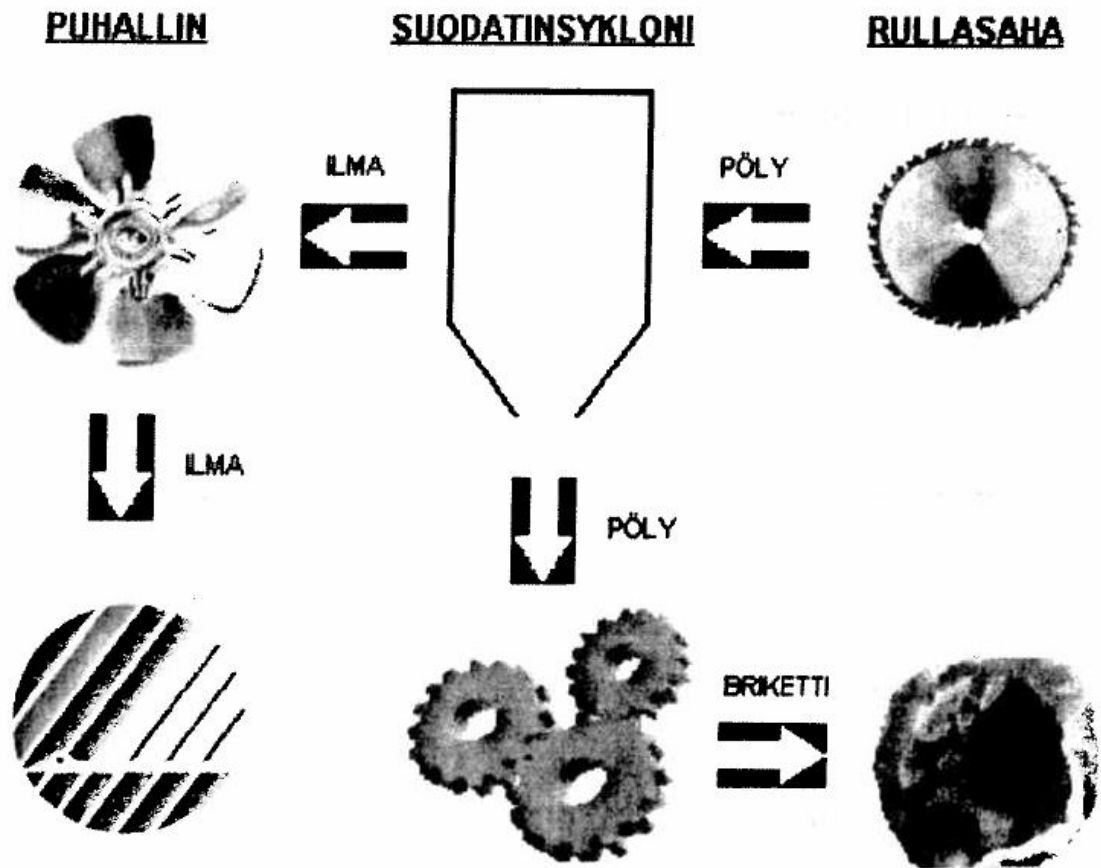
Yhdestä sahatusta rullasta syntyy sahausjätettä noin 1 m³. Sahausjäte kostuu kahdesta eri materiaalista:

- paperipöly
- paperisuikaleet
- pahvipöly (paperirullan hylsy).

4.1.2 Toiminta

Syklonisuodattimen pölynpoistopuhallin käynnistyy paperirullasahan käynnistytksen yhteydessä automaattisesti. Puhallin aiheuttaa imuilmavirran paperirullasahalta pölynpoistosyklonille, jossa sahausjäte erotetaan ilmasta letkusuodattimien avulla. Pölynpoistosyklonille tulevasta sahausjätteestä suurimmat pölypartikkelit tippuvat suoraan alas suppilolle. Pienemmät ja kevyemmät pölypartikkelit imeytyvät alipaineen vaikutuksesta suodatinletkujen pinnalle, jolloin paperipöly erottuu ilmasta. Puhdistettu ilman jatkaa matkaa pölynpoistoputkea pitkin poistopuhaltimelle ja aina takaisin kierto on tehtaan sisäilmaan. Kuvassa 4.2 on esitetty rullasahan pölynpoisto toimintakaaviona.

Paperipölykerros poistetaan suodatinletkun pinnalta lyhyellä mutta voimakkaalla paineilmaiskulla, joka on johdettu pulssiventtiilin kautta suodatinletkun sisäpinnalle. Voimakkaan paineilmaiskun johdosta paperipölyhiukkaset irtaantuvat suodatinletkun pinnasta ja putoavat suodatinsuppiloon. Suodatinsuppilon alla oleva sulkusyötin annostelee paperipölyn ruuvikuljettimelle. Ruuvikuljetin siirtää paperipölyn briketöintikoneen säiliöön, josta se annostellaan briketöintikoneelle. Säiliö on yhteinen hylsyrollasahan kanssa. Briketöintikone puristaa materiaalin tiiviiksi, polttokelpoiseksi briketiksi.



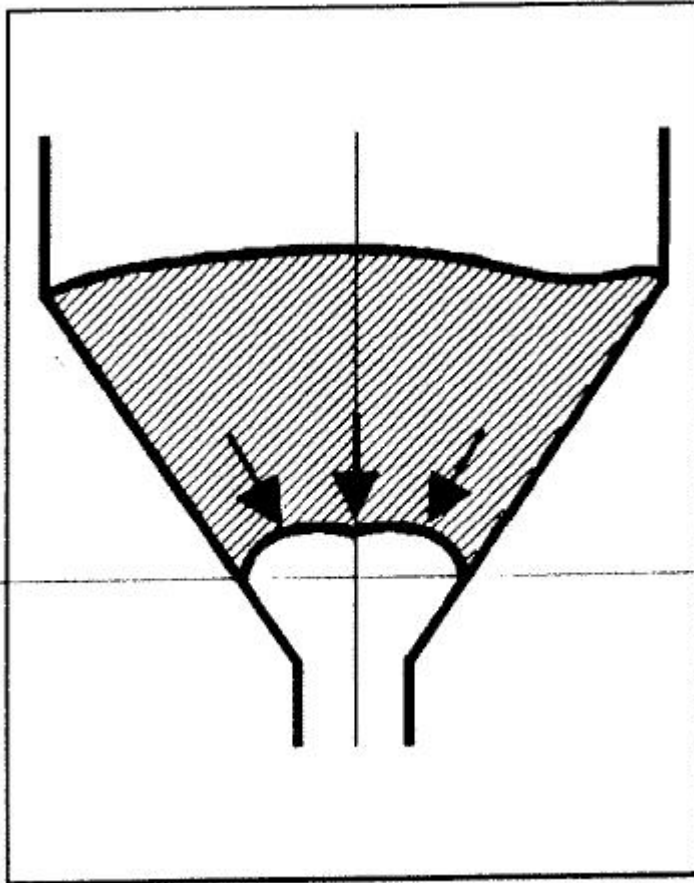
Kuva 4.2 Rullasahan pölynpoiston toimintakaavio

4.2 Tehtävän selvittely

Nykyisessä järjestelmässä ongelmana on suodatettavan materiaalin holvaantuminen syklonisuoatattimen suppilon suulle. Materiaali kasautuu holvautumisen vuoksi suppilon suulle, kun hylsysahaa käytetään samaan aikaan. Tällöin briketöintikoneen säiliön tulee täyteen ja pysäyttää rullasahan sulkusyöttimen ja ruuvikuljettimen. Rullasahan jatkaessa edelleen toimintaansa pölypartikkelit pakautuvat entistä tiiviimmin toisiaan ja suppilon seinämää vasten.

Kun briketöintikoneen säiliössä on taas kapasiteettia, sulkusyötin ja ruuvikuljetin käynnistyvät uudelleen, mutta holvaantuminen on jo tapahtunut. Holvaantumisesta (Kuva 4.3) johtuen pölypartikkelit alkavat kasautua myös suodattimen seinämille, aiheuttaen lopulta täydellisen tukkeutumisen, minkä vuoksi rullasaha

on pysäytettävä. Syntynyt tukkeutuma täytyy aukaista manuaalisesti, joko lapiolla tai harjalla. Pahimmassa tapauksessa paikalle on kutsuttava imuauto. Aiheutuva tuotantokatkos vaikuttaa luonnollisesti rullasahauslinjan tuotantoon, hidastaen sitä huomattavasti ja aiheuttaen taloudellisia menetyksiä.



Kuva 4.3 Periaatepiirros holvaantumisesta

4.3 Vaatimuslista

Ennen suunnittelun aloittamista työlle määriteltiin vaatimuslista (Taulukko 1), minkä pohjalta ratkaisuvaihtoehtojen kartoitus aloitettiin. Vaatimuslista tehtiin yhdessä mekaanisen suunnittelun henkilökunnan ja jälkikäsitteilyalueesta vastaavan päivämestarin kanssa.

Taulukko 1 Pölynpoistoyksikön vaatimuslista

Vaatimuslista	
Rullasahan pölynpoistoyksikön kehitysehdotus	
	V = vaatimus, T = toivomus
T	Kuluvien osien kunnossapito tehtävä helpoksi
V	Suunnitelluista muutoksista laadittava tarvittavat työpiirustukset
V	Laadittava kustannusarvio
V	Puhaltimen imuilma palautettava tehdaskiertoon
V	On käytettävä standardiosia suunnittelussa
T	Suunnittelun ratkaisun käyttöikä mahdollisimman korkea
T	Projekti valmistuu aikataulussa
T	Muutoksesta aiheutuva tuotantokatkos on lyhyt
T	Ongelmasta aiheutuva ylimääräinen työ poistuu
T	Projektin kustannukset alhaiset

5 RATKAISUVAIHTOEHDOT

Alustavassa suunnittelussa tehdään useita karkeita suunnitelmia siitä, millainen ratkaisu voisi mahdollisesti olla. Asiakkaan pyynnöstä malleja pitää olla vähintään kuusi kappaletta. Mallit eivät ole oikeissa mitoissaan, eivätkä täsmälleen oikean muotoisia, vaan ne ovat ainoastaan suuntaa antavia ajatuksia ja ideoita.

5.1 Syklonisuodattimen siirto ulkotiloihin

Tarkoituksena olisi siirtää syklonisuodatin ulkotiloihin (Kuva 5.1). Ulkotiloihin siirtämisellä tila- ja pölyongelma poistuvat sisätiloista. Syklonisuodattimelle pitäisi suunnitella uusi tukijalkaratkaisu, jotta jätepuristin mahtuisi sen alle. Tässä ratkaisussa sulkusyötin poistettaisiin kokonaan systeemistä, jolloin paperipöly putoaisi vapaasti jätepuristimen puristustilaan. Tukijalkaratkaisua muutettaessa myös hoitotasot tulisi suunnitella uudestaan, jotta letkusuodattimien vaihto ja paineilmajärjestelmän kunnossapitotyöt olisivat mahdollisia.

Positiivisia puolia ratkaisussa ovat jätepuristimen kunnossapidon kuuluminen alihankkijalle ja pölyongelman poistuminen sisätiloista. Myös syklonisuodattimelta vapautuva tila tulisi tarpeeseen ahtaassa tehdas ympäristössä. Huonoina puolina voidaan pitää putkistoon ja tukirakenteisiin tehtäviä pakollisia muutostöitä, jotka nostavat investoinnin hintaa. Myös paperipölyn käyttäytyminen muuttuvassa ilmankosteudessa saattaa olla toiminnan kannalta ongelmallista.



Kuva 5.1 Malli suodattimesta ulkona (Europress OY; Joensuun kirjapaino)

5.2 Sahausjätteen liettäminen

Liettämisen ideana on parantaa materiaalin virtausominaisuuksia johtamalla nestettä aineeseen. Kaukaan paperitehtaalla on olemassa prosessiviemärijärjestelmä, johon syntyvän lietteen voisi johtaa, joten liettäminen on yksi erittäin vahva vaihtoehto ongelman ratkaisemiseen. Ongelmana on prosessiviemärijärjestelmän kapasiteetti, jota ei ole mitoitettu kestämään rullasahalta mahdollisesti tulevaa lietteen määrää ilman tukkeutumista. Asia olisi kuitenkin ratkaistavissa lisäämällä prosessiviemärijärjestelmän ennakoivaa kunnossapitoa esimerkiksi viemärijärjestelmän ruoppausväliä tihentämällä. Ennakoivan kunnossapidon lisääminen nostaisi kuitenkin kunnossapitokustannuksia ja muutoksesta saatava taloudellinen hyöty menisi lisääntyvien kunnossapitokustannuksien kattami-

seen. UPM-Konsernilla on käytössä liettämisjärjestelmä Jämsänkosken tehtaan rullasahassa. Järjestelmää olisi mahdollista soveltaa pienillä rakenteellisilla muutoksilla Kaukaan paperitehtaalla.

5.3 Nykyisen suppilon seinämän pinnoitus

Osasyö horvaantumisongelmaan on nykyisen suppilon seinämän ja pölynhiukkasten välinen kitkakerroin, jota voisi pienentää pinnoittamalla suppilon seinämä uudella materiaalilla. Kitkakertoimen pienentymisen ansiosta pölyhiukkasten tulisi valua omasta painostaan seinämää pitkin sulkusyöttimelle. Seinämän pinnoitus ei kuitenkaan vähentäisi pölyhiukkasten välistä kitkaa eli pinnoitus ei yksinään poistaisi koko ongelmaa vaan toimisi ainoastaan tukevana elementtinä toisen ratkaisun rinnalla. Pinnoitus olisi helppo toteuttaa ja kustannuksiltaan alhainen. Pinnoitusmateriaaliksi sopisi esimerkiksi teflonin erilaiset johdannaiset niiden kulutuskestävyyden ja pienen kitkakertoimen vuoksi.

5.4 Mekaaninen sekoitin

Mekaaniset sekoittimet ovat käytännöllinen ratkaisu aineille, joilla on taipumus tiivistyä omasta painostaan. Sekoittimen on tarkoitus on pitää aine jatkuvassa liikkeessä, jolloin horvaantuminen ei ole mahdollista.

5.4.1 Pystysekoitin

Pystysekoitin (Kuva 5.2) on syklonisuodattimen katolle asennettava purkausta edistävä laite. Sekoittimen tarkoitus on estää materiaalin tiivistyminen pitämällä se kuohkeana jatkuvalla pyörimisliikkeellä. Pystysekoittimen hyviä puolia ovat mekaaninen toimintavarmuus ja alhaiset investointikustannukset. Huonoina puolina voidaan pitää heikkoa soveltuvuutta jälkiasennettavaksi sekä sekoittimen lapojen toimimista materiaalin kerääjinä horvaavilla aineilla.



Kuva 5.2. SolidWorks-malli pystysekoittimesta

5.4.2 Veitsipurkain

Veitsipurkain (Kuva 5.3) on suppilon pohjalle asennettava purkainlaite, jossa tukevarakenteinen veitsiosa kiertää suodattimen suppilon laidoilla ja pyöries- sään purkaa materiaalin säiliöstä tehokkaasti. Laitteisto on kehitetty erityisen pahasti holvaavien aineiden apupurkauslaitteistoksi. Tilan ahtaus korkeussuun- nassa estää veitsipurkaimen käytön syklonisuodattimen nykyisessä sijoituspai- kassa. Syklonisuodatin tulisi sijoittaa uuteen paikkaan, jolloin veitsipurkain olisi mahdollista sijoittaa suppilon ja sulkusyöttimen väliin.



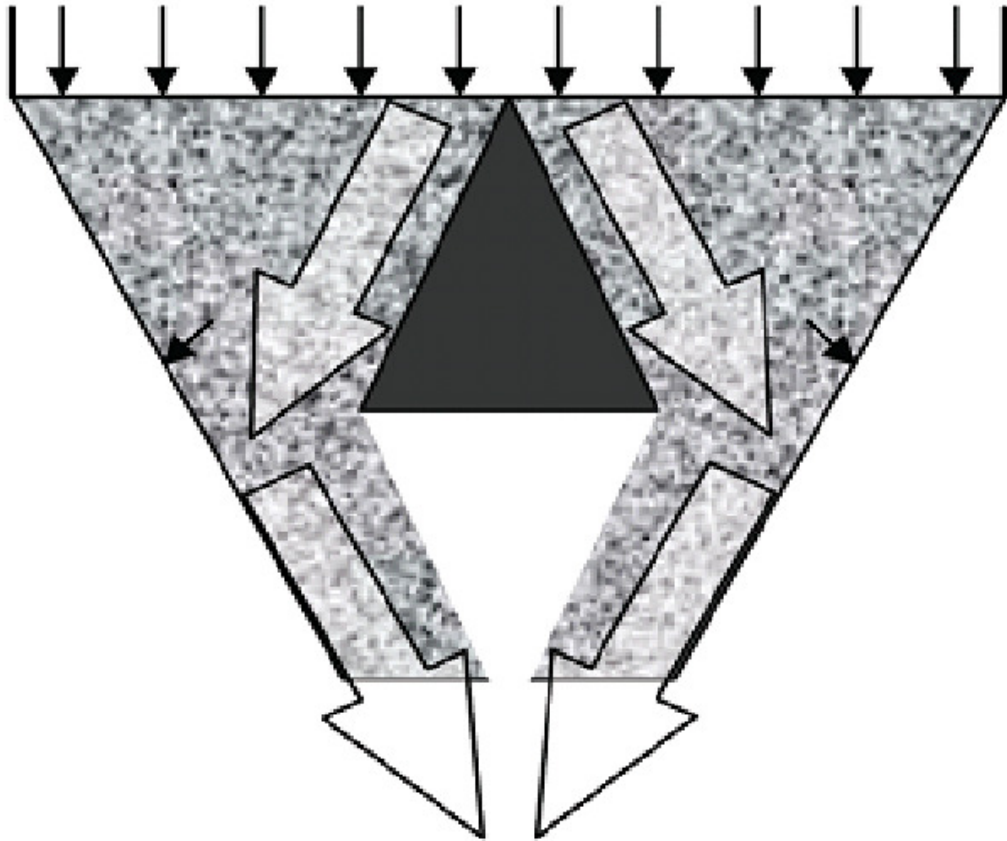
Kuva 5.3 Veitsipurkain (Jauhetekniikka: veitsipurkain)

5.5 Kiinalainen hattu

Kiinalaiset hatut (Kuva 5.4) ovat kartiomaaisia laitteita, joilla autetaan suppilon purkua. Niiden tehtävänä on estää aineen pakkautuminen ulospurkautumisaukon päälle niin tiiviiksi, että aineen virtausominaisuudet huonontuvat. Kartio sijoitetaan suoraan suppilon ulospurkautumisaukon yläpuolelle. Kartio jakaa suppilovirtauksen ulospurkautumisaukon päältä kohti suppilon seiniä, mistä materiaali pääsee vapaasti virtaamaan ulos suppilosta seiniä pitkin.

Kiinalaisen hatun käyttöä puoltaa sen edullinen hankintahinta ja alhaiset käyttö- ja kunnossapitokustannukset. Haittapuolina voidaan pitää käyttökokemusten puutetta, sillä kiinalainen hattu on uusi keksintö, joten käyttökokemuksia on saatavilla rajallisesti. Myös kiinalaisen hatun soveltuminen neliönmuotoiseen siiloon

on epävarmaa. Kiinalainen hattu on suunniteltu alun perin toimimaan kartiomaisessa sillossa.



Kuva 5.4 Kiinalaisen hatun toimintaperiaate (Kiintoaineen käsittelyn luentomateriaali; Järvelin 2006)

5.6 Mekaaniset virtaukset edistäjät

Mekaaniset virtauksen edistäjät ovat yleensä äärimmäinen ratkaisu. Niitä suositellaan käytettäväksi yleensä vain erittäin huonosti virtaavien materiaalien kanssa sekä silloin, kun siilon tai supilon oikeaoppinen mitoitus ei ole syystä tai toisesta mahdollista. Mekaaniset virtauksen edistäjät aiheuttavat usein ympäristöön tarpeetonta melua ja rasittavat koneen rakenteita.

5.6.1 Vasarat

Vasarat kuuluvat niihin siilonpurkausvarusteisiin, jotka hajottavat tehokkaasti holvaantuneen materiaalin. Vasarasta tasaisin väliajoin vapautettu mekaaninen energia törmää siilon seinään ja välittyy siilon sisälle tiivistyneeseen aineeseen. Vasarat soveltuvat paakkuuntuvien ja holvaavien aineiden irrottamiseen siilon seinistä, putkista ja säiliöistä. Vasarat ovat eritoten jälkiasennettava vaihtoehto. Asennettaessa olemassa olevan siilon seinään ei tarvitse tehdä reikää tai siiloa tyhjentää. Lisäksi valmistajat lupaavat vasaran soveltuvan käytettäväksi kaiken kokoisissa ja muotoisissa siiloissa ja suppiloissa.

Syklonisuodattimen suppiloon soveltuisi parhaiden pneumaattinen vasara, koska paineilmaa on saatavilla lähettyviltä ja pneumaattinen vasara ei rasita suodattimen rakenteita niin paljon kuin esimerkiksi hydraulinen vasara, siinä vaikuttavien suurempien voimien vuoksi. Huonona puolena voidaan pitää nykyisen suppilon haurasta rakennetta, joka tuskin kestäisi edes pneumaattisen vasaran aiheuttamaa räsitusta.

5.6.2 Täryttimet

Täryttimet ovat jatkuvatoimisia virtauksen edistäjiä. Tärytin aiheuttaa jatkuvan värähtelyn rakenteeseen ja pitää sisällä olevan materiaalin koko ajan liikkeessä, tällöin mitään holvaavaa ei pääse syntymään. Täryttimien käyttövoimana toimii yleensä sähkö. Pneumaattisia täryttimiä on myös olemassa, mutta ne ovat hyvin harvinaisia.

Täryttimenkin mahdollisessa käyttötapauksessa nykyistä rakennetta tulisi vahvistaa kestäämään täryttimen aiheuttama rasitus. Täryttimien on myös todettu tiivistävän materiaalia entisestään käytettäessä erittäin holvaaville materiaaleille.

5.7 Fluidisointi

Fluidisoinnissa materiaalin joukkoon syötetty kuiva kaasu tunkeutuu materiaali-partikkelien väliin poistaen osittaiset tyhjiöt ja partikkelien väliset sidosvoimat, jotka pitävät partikkeleja yhdessä (ja estävät näin siilon tyhjenemisen). Materiaalin joukkoon syötetty kaasu tunkeutuu myös siilon seinämän ja materiaalin väliin vähentäen seinämän ja materiaalin välistä kitkaa. Prosessin perimmäisenä tarkoituksena on parantaa kiinteän aineen virtausominaisuuksia. Ilmiö saadaan aikaan suihkuttamalla kiinteään aineeseen kaasua halutulla paineella. Tällöin kiinteästä aineesta tulee leijuvaa ja virtausominaisuudet parantuvat. Ilmiöllä on useita hyödyntämistapoja prosessitekniikassa.

Syklonisuodattimessa voidaan käyttää fluidisoivana kaasuna ainoastaan ilmaa paperipölyn aiheuttaman paloturvallisuusvaaran vuoksi. Puhdas ilma ei myöskään aiheuta agglomeraatiota tai muita sivuvaikutuksia paperipölyyn, vaan pöly siirtyy puhtaana aineena seuraavaan prosessin vaiheeseen.

5.7.1 Gun-Jet—ilmatykki

Gun-Jet—ilmatykki (Kuva 5.5) aktivoidaan joko pneumaattisesti tai elektro-pneumaattisesti. Se vapauttaa heti siihen ladatun paineilman suodatettavaan materiaaliin syklonisuodattimen sisällä, aiheuttaen räjähdysmäisen efektin, joka hajottaa rotankolot ja holvaantuneen materiaalin. Gun-Jet ilmatykkejä on neljää eri kokoa. (WAM-yhtiöllä). Työpaine 3–6 baaria ja ilmankulutus lataustakohti 0,3–4,8 litraa.

Toimittajan kanssa keskusteltuani päädyimme suosittelemaan ratkaisuksi järeintä ilmatykkiä, jonka yhden latauksen koko on 4,8 litraa ja työpaine 6 baria.

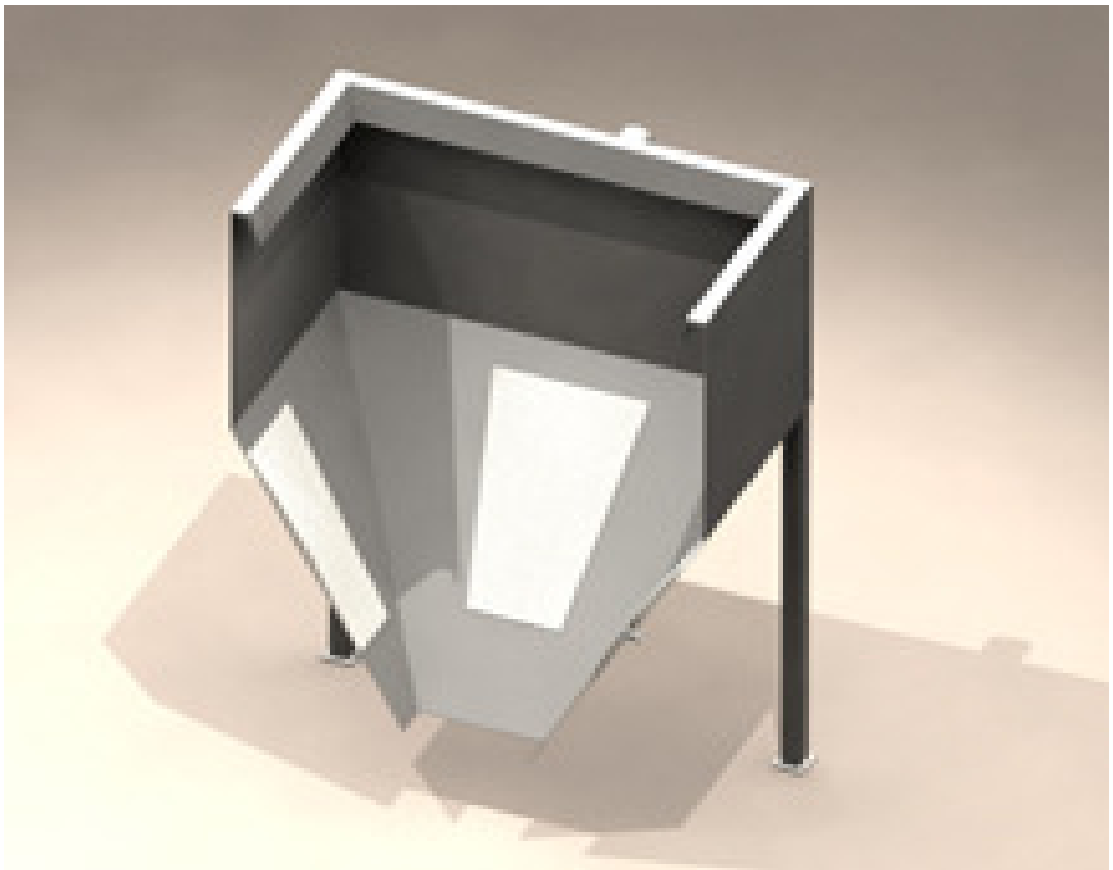


Kuva 5.6 Gun-Jet—ilmatykki (Wamgroup: siilonpurkaus)

5.7.2 Fluidilevyt

Fluidisointi-levyillä (Kuva 5.6) toteutettu suppilonpurkauslaitteisto koostuu tarvittavasta määrästä fluidisointi-levyjä, fluidisointi-venttiileistä sekä ajastimesta, joka ohjaa paineilmapulssit sekvenssin mukaisesti vuorotellen jokaiselle levyille. Näin varmistetaan ilman tasainen leviäminen materiaalin joukkoon ja siten varma ja hallittu materiaalin tyhjeneminen suppilosta.

Toimittajan kanssa keskusteltuani päätin ehdottaa kehitysehdotukseksi neljän levyn kiertopuhaltavaa järjestelmää, joka onnistuisi jälkiasennuksena nykyiseen syklonisuodattimen suppiloon.



Kuva 5.6 Fluidi-levyt (Jauheteekniikka: siilonpurkaus)

6 KEHITYSEHDOTUKSET

Esittelin 11.11.2010 pidetyssä palaverissa opinnäytetyöni seurantatyöryhmälle kahdeksan eri kehitysvaihtoehtoa. Lyhyen keskustelun jälkeen työryhmä halusi tarkemmat selvitykset kolmesta eri vaihtoehdosta, jotka olivat:

1. Nykyisen suodattimen siirto ulkotiloihin. Nykyinen suodatin siirrettäisiin ulkotiloihin, sulkusyötin poistettaisiin ja suodattimen alle asennettaisiin jätepuristin.
2. Mekaaninen sekoitin asennettaisiin nykyiseen syklonisuodattimeen.
3. Rullasahan pöly lietettäisiin prosessiviemärijärjestelmään.

6.1 Valintataulukko ratkaisuvaihtoehdoista

Kolmea eri vaihtoehtoa vertailtaessa käytettiin apuna painoarvotaulukkoa (Taulukko 2). Tarkastelun kohteena ovat ominaisuudet, jotka vaikuttavat eniten rakennemallin toimintaan. Jokaiselle rakenteelle annetaan eri ominaisuuksista pisteet asteikolla 1–5. Tämän jälkeen annetut pisteet kerrottiin painoarvokertoimella. Ominaisuuksien painoarvokertoimet laadittiin yhdessä asiakkaan kanssa.

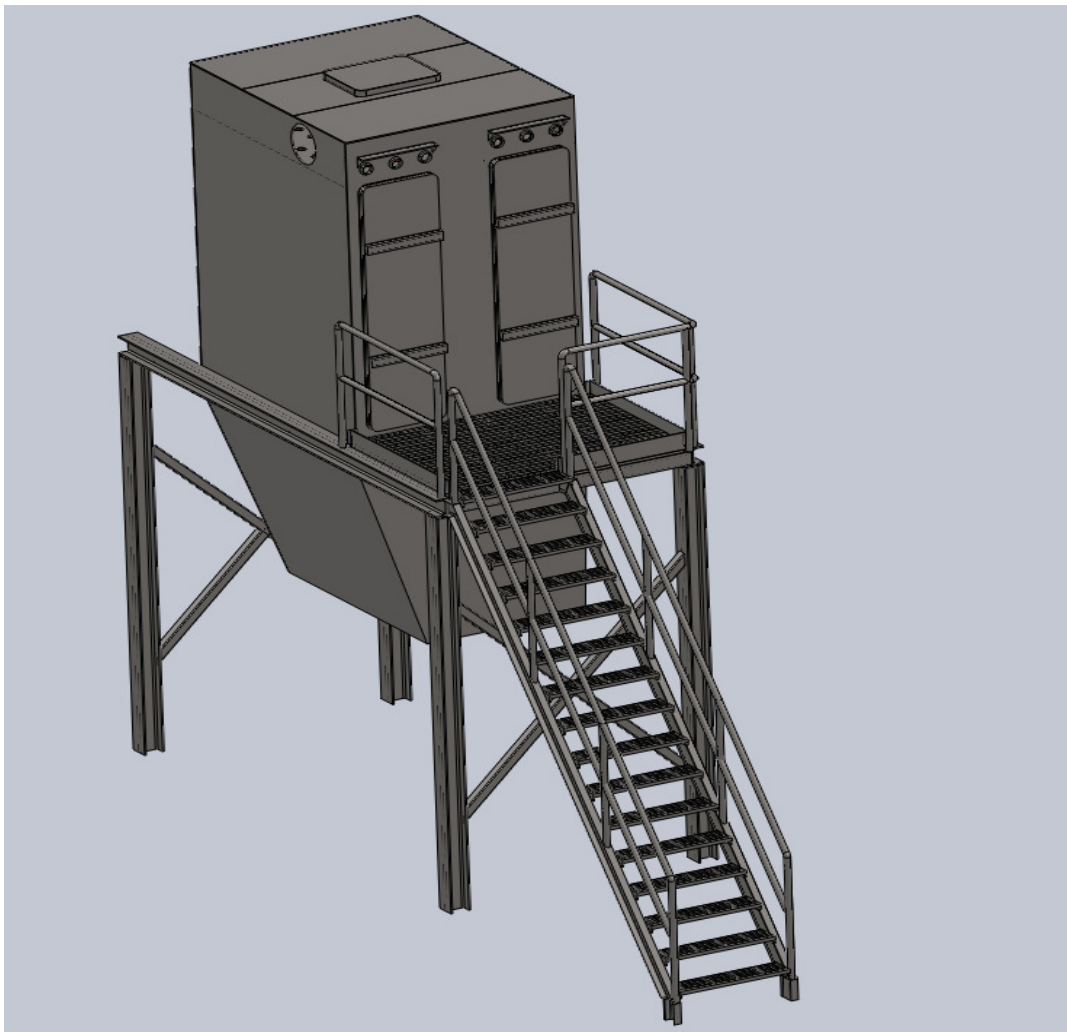
	Painoarvo	Lietttäminen	Mekaaninen sekoitin	Jätepuristin
Toimintavarmuus	0,25	3	2	5
Kokonaiskustannukset	0,20	3	4	2
Yksinkertaisuus	0,15	3	3	4
Asiantuntija arvio	0,15	3	2	4
Kunnossapito	0,15	2	2	4
Aiheutuva tuotantokatkos	0,10	2	3	4
Yhteensä	1	2,75	2,65	3,85

Taulukko 2 Valintataulukko

Taulukosta 2 nähdään, että syklonisuodattimen ulossiirto sai selvästi parhaat pisteet. Ratkaisu on toimintavarmin, yksinkertaisin ja asiantuntija-arvion mukaan paras. Myös jätepuristimen kunnossapidon kuuluminen laitteen toimittajalle nostaa sen pisteitä.

6.2 Valittu vaihtoehto

Maanantaina 10.1.2011 käydyn palaverin perusteella opinnäytetyön seuranta-työryhmä valitsi loppuun asti kehitettäväksi vaihtoehdoksi syklonisuodattimen ulossiirron ja jätekontin hankinnan. Palaverissa arvioitiin Ecopress Oy:ltä saadun asiantuntijalausunnon perusteella vaihtoehtoa 1 ja UPM-Jämsänkosken paperitehtaalta saadun käyttökokemuksen perusteella vaihtoehtoa 3. Seuranta-työryhmä oli yksimielinen siitä, että vaihtoehto 1 on yksinkertaisin ja toimintavarmin ratkaisu olemassa olevaan ongelmaan. Vaihtoehdon 2 katsottiin sisältävän liian suuren riskin laitteen toimintavarmuudessa suhteessa investoinnin hintaan. Vaihtoehto 3 hylättiin UPM-Jämsänkosken tehtaalta saadun käyttökokemukseen perusteella: sulkusyöttimeen aiheutuvan kosteusongelman vuoksi. Kuvassa 6.1 on kuva valitusta ratkaisusta.



Kuva 6.1 SolidWorks-malli ratkaisusta

6.3 Kustannusarvio

Valitusta vaihtoehdosta laadittiin kustannusarvio. Kustannusarvio sisältää koko projektin kustannukset 15 prosentin varauksella. Laskelma on esitetty liitteessä 1.

6.4 Teräsrakenteiden lujuuslaskenta

Suunnitelluille teräsrakenteille suoritettiin suppea lujuustarkastelu, jossa tarkistettiin kestävyys kannalta oleelliset asiat rakenteesta. Palkista tarkastettiin kuormituksen aiheuttamasta taipumasta, normaali- ja leikkausvoimajännitys sekä pilarista nurjahtaminen.

6.4.1 Tukivoimat ja maksimimomentti

Tarkasteltavaa palkkia kuormittavat hoitotason 1100 kg:n suuruinen voima, sekä syklonisuodattimen 3000 kg:n suuruinen voima. Kilogrammat voidaan muuttaa Newtoniksi kaavan (1) avulla (Valtanen 2007):

$$Kg * g = N \quad (1)$$

jossa

g = putoamiskiihtyvyys

Kg = kuormakilogrammoina

Hoitotason aiheuttama kuormitus:

$$1100kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 10791N$$

Syklonisuodattimen aiheuttama kuormitus:

$$3000kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 29430N$$

Kuormitus on tasaista kuormitusta tietyllä matkalla ja jakautuu tasaisesti kahden samanlaisen palkin välillä. Hoitotaso kuormittaa palkkia 1400 mm:n ja syk-lonisuodatin 2186 mm:n matkalla. Lasketaan seuraavaksi yhtä palkkia kuormit-tava tasainen kuormitus.

$$\frac{\frac{KN}{2}}{L} = N / m$$

jossa:

N= kuormittava voima

L= tasaisen kuormituksen pituus metreinä

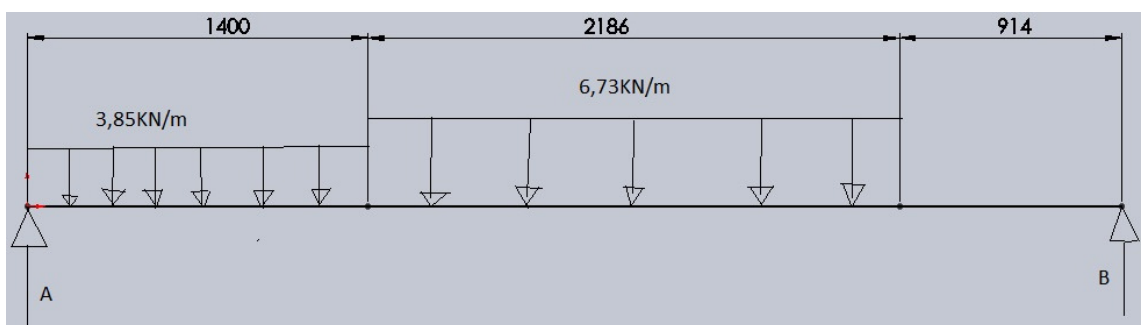
Hoitason kuormitus:

$$\frac{\frac{10,791KN}{2}}{1,4m} = 3,85KN / m$$

Syklonisuodattimen kuormitus:

$$\frac{\frac{29,43KN}{2}}{2,186m} = 6,73KN / m$$

Kuvassa 6.2 on palkin vapaakappalekuva selventämään tukivoimien laskemis-ta.



Kuva 6.2 VKK

Lasketaan tukivoimat kyseiselle tapaukselle. Tukivoima B saadaan laskemalla momentti pisteen A ympäri.

$$M_A = -5,39 \text{ KN} * 0,7 \text{ m} - 14,7 \text{ KN} * 2,493 \text{ m} + B * 4,5 \text{ m} = 0$$

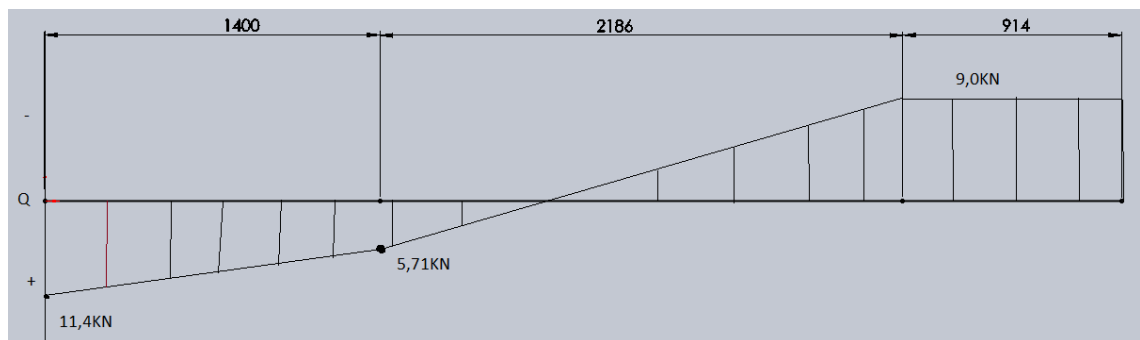
$$\Rightarrow B = 9,0 \text{ KN}$$

Määritetään tukivoima A laskemalla momentti pisteen B ympäri.

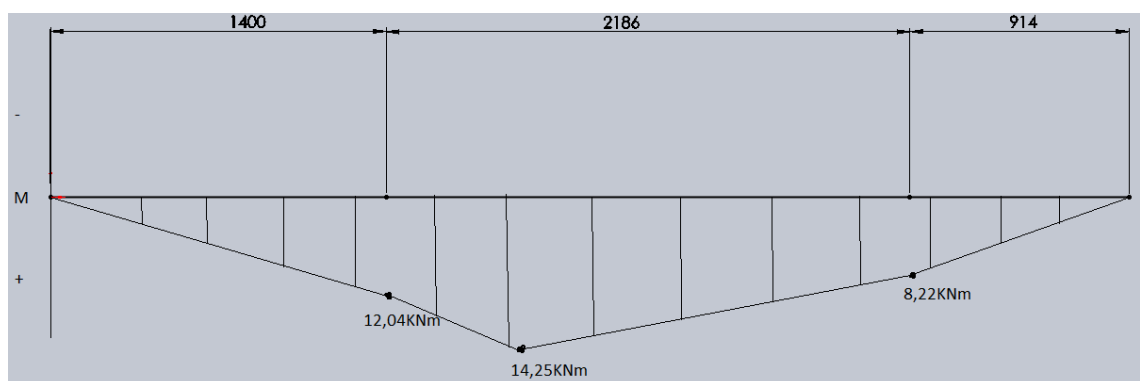
$$M_B = -5,39 \text{ KN} * 3,8 \text{ m} - 14,7 \text{ KN} * 2,003 \text{ m} + A * 4,5 \text{ m} = 0$$

$$\Rightarrow A = 11,1 \text{ KN}$$

Muodostetaan leikkaus- ja momenttivoimakuvio (Kuvat 6.3 ja 6.4):



Kuva 6.3 Palkin leikkausvoimakuvio



Kuva 6.4 Palkin momenttivoimakuvio

Kuvassa 6.4:ssä saatu momentinmaksimi-arvo lasketaan leikkausvoimakuvion pinta-alaa hyväksikäyttäen. Momentinmaksimi-arvo sijaitsee leikkausvoiman nol-lakohdassa (Toivanen 2007).

Lasketaan leikkausvoiman nollakohdan etäisyys palkilla tuesta B katsoen

$$\frac{9,0KN}{6,73KN} + 0,914m = 2,25m$$

Lasketaan maksimimomentti leikkausvoimakuvion pinta-alaa hyväksikäyttäen

$$M_{\max} = 9,0KN * 0,914m + \frac{(2,25m - 0,914m) * 9,0KN}{2} = 14,25KNm$$

6.4.2 Taivutuksesta aiheutuva normaalijännitys

Lasketaan sallittu normaalijännitys, jota käytetään vertailukohtana laskettaessa taipuman aiheuttamaan poikkipinnan normaalijännitystä. Materiaalina toimii teräs S355G2J3 ja varmuuskertoimenä käytetään lukua 1,6. Normaalijännitys lasketaan kaavalla (2) (Valtanen 2007)

$$\sigma_{sall} = \frac{R_m}{n} (2)$$

jossa:

R_m = Teräksen vetomurtolujuus

n = varmuuskerroin

$$\sigma_{sall} = \frac{355N/mm^2}{1,6} = 222N/mm^2$$

Taipumasta aiheutuva normaalijännitys lasketaan kaavalla (3) (Valtanen 2007)

$$\sigma = \frac{M_{\max} * y}{I} (3)$$

jossa:

M_{\max} = momentinmaksimiarvo

y = etäisyys painopiste akselilta

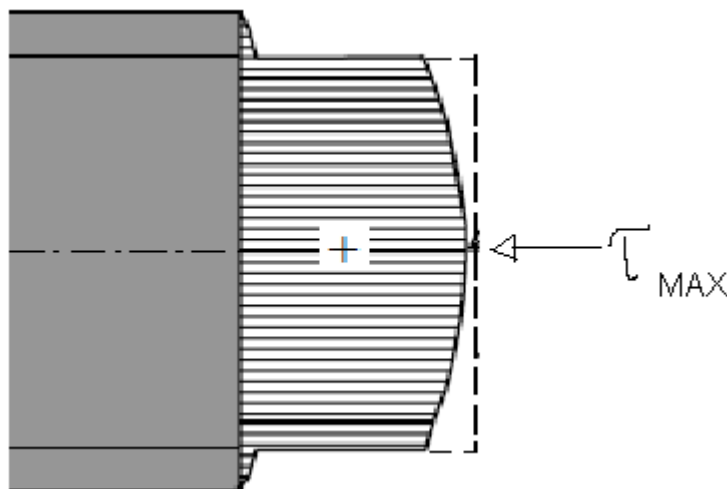
I = HE160B-profiilin jäyhyysmomentti (Valtanen 2007):

$$\sigma = \frac{14,25 * 10^6 \text{ Nmm} * 80 \text{ mm}}{24,9 * 10^6 \text{ mm}^4} = 45,78 \text{ N / mm}^2$$

Normaalijännitys on melkein viisi kertaa pienempi kuin sallittu normaalijännitys, joten palkki voidaan todeta tältä osin kestäväksi.

6.4.3 Taivutuksesta aiheutuva leikkausjännitys

Kuvassa 6.5 on esitetty leikkausjännityksen jakauma I-palkissa.



Kuva 6.5 Leikkausjännitys jakauma I-palkissa

Kuten kuvasta 6.5 voidaan todeta, maksimileikkausjännitys sijaitsee palkin painopisteakselissa. Lasketaan suurin sallittu leikkausjännitys kaavasta (4) (Valtanen 2007):

$$\tau_{sall} = 0,6 * \sigma_{sall} \quad (4)$$

jossa:

σ_{sall} = suurin sallittu normaaliännitys

$$\tau_{sall} = 0,6 * 222 \text{ N / mm}^2 = 133,2 \text{ N / mm}^2$$

Lasketaan maksimileikkausjännitys palkin painopisteakselissa kaavalla (5) (Valtanen 2007):

$$\tau_{max} = \frac{Q * S}{I * b} \quad (5)$$

jossa:

Q= maksimileikkausvoima palkissa

S= staattinen momentti (Valtanen 2007)

I = HE160B-profiilin jäyhyysmomentti (Valtanen 2007)

b = uumaan paksuus tarkastelukohdassa

$$\tau_{max} = \frac{9000 \text{ N} * 177 * 10^3 \text{ mm}^3}{24,9 * 10^6 \text{ mm}^4 * 8 \text{ mm}} = 8,00 \text{ N / mm}^2$$

Palkin suurin leikkausjännitys on huomattavasti pienempi kuin sallittu leikkausjännitys. Tältä osin palkki voidaan todeta kestäväksi.

6.4.4 Pilarin nurjahduskestävyys

Pilarin nurjahduskestävyys tarkistetaan Eulerin 1. tapauksen mukaan, jolloin pilarin yläpää ei ole tuettu ollenkaan. Eulerin 1. tapaus on nurjahdustapauksista epävarmin, joten pilarin nurjahduskestävyys voidaan tarkistaa aukottomasti käyttämällä sitä. Nurjahduskestävyys lasketaan kaavasta (6) (Valtanen 2007):

$$F_n = \frac{\pi * E * I}{L_n^2} \quad (6)$$

jossa:

E = teräksen kimmokerroin

I = HE160B-profiilin jäyhyysmomentti (Valtanen 2007)

L_n = nurjahduspituus Eulerin 1. tapauksen mukaan

$$F_n = \frac{\pi * 210000 \text{ N / mm}^2 * 24,9 * 10^6 \text{ mm}^4}{7000 \text{ mm}^2} = 335 \text{ KN}$$

Saatu nurjahdusvoima on huomattavasti suurimpi kuin tukivoima A, joten pilarissa ei ole nurjahdusvaaraa.

6.5 Hoitotason ja portaiden suunnittelu

Uudelle rakenteelle suunniteltiin suodatinletkujen vaihdon mahdollistamiseksi hoitotaso ja portaat. Suunnittelussa käytettiin apuna Kaukaan tehtaiden sisäisiä standardeja.

Suunnittelussa käytetyt standardit:

- KY 351 Teräsportaat
- KY 352 Teräsputkikaiteet
- KY 353 Koneturvallisuus. Työskentelytasot, kulutiet, portaat ja tikkaat (perustuu yleiseen SFS 5069 standardiin)

6.6 Suunnittelun kokonaisuuden riskianalyysi

Riskianalyysissä selvitetään, minkälaisia vaaratilanteita koneen käytöstä voi aiheutua. Puristimissa on aina vaara, että käyttäjän kädet voivat jäädä koneen liikkuvien osien puristukseen. Tämän vuoksi suunniteltua kokonaisuutta saa käyttää vain sille suunnitelluista paikoista, mikä tarkoittaa sitä, että koneen käytösäätimet vaativat molempien käsien yhtäaikaista käyttöä, jotta kone toimisi. Näin ollen koneen käydessä loukkaantumisriskiä ei tältä osin ole.

Toiminnassa ollessaan hydraulijärjestelmä sisältää korkeapaineista öljyä, joka ulos purkautuessaan, esimerkiksi letkurikon vuoksi, voi aiheuttaa vakavia ja pysyviä vammoja käyttäjillä. Tämän vuoksi turha oleskelu puristimen lähellä on kiellettyä onnettomuuksien välttämiseksi.

Suodatinletkujen vaihdossa on kiinnitettävä erityistä huomiota työskentelykorkeuteen ja liikkumiseen portaissa. Portaat ja työskentelytaso saattavat olla vuodenajasta riippuen erittäin liukkaat. Tällöin on ennen työn suorittamista syytä käyttää riittävästi aikaa portaiden ja tason huolelliseen puhdistamiseen työturvallisuuden takaamiseksi.

7 LOPPUTULOS JA PÄÄTELMÄT

Insinööritöön tuloksena sain suunniteltua rullasahan pölynpoistoon kehitysehdotuksen, joka täyttää asiakkaan vaatimukset. Suunnittelusta ratkaisusta tehtiin 3D-malli ja tarvittavat työpiirustukset. Työ on tarkoitus toteuttaa käytännössä toukokuussa 2011. Opinnäytetyön laajuuden vuoksi tarkka putkiston ja paineilman rakennussuunnittelu jätettiin työstä pois. Näihin perehtyminen vaatisi enemmän aikaa ja syvällisempään perehtymistä aiheeseen.

Kehitysehdotusten suunnittelu oli haastava ja mielenkiintoinen aihe opinnäytetyölle. Työssä joutui perehtymään uuteen suunnittelu- ja toiminnanohjausohjelmaan, lujuuslaskentaan, kiintoaineen kohdepoistojärjestelmiin sekä työpiirustusten valmistamiseen. Aikaisemmissa suunnittelutöissäni olen lähinnä tehnyt ryhmässä parannuksia laitteeseen, johon on annettu tarkat suunnittelurajat.

Tämä oli ensimmäinen kerta, kun suunnittelin parannuksen laitteeseen ilman tarkkoja rajoituksia lopputuloksesta. Työtä tehdessä tietämys koneensuunnittelusta ja teollisuuden kohdepoistojärjestelmistä kasvoi entisestään.

Lopuksi haluan kiittää kaikkia työssä auttaneita henkilöitä, erityiskiitokset haluan antaa työn ohjaajille Markus Varikselle ja Veli-Pekka Jurvaselle, jotka neuvoivat minua suunnittelussa ja työpiirustusten teossa.

KUVAT

- Kuva 2.1 Kaukaan tehdasalue, s. 8
- Kuva 3.1 Tuotekehitysprojektin kulku, s. 12
- Kuva 4.1 Nykyinen syklonisuodatin, s. 16
- Kuva 4.2.2 Rullasahan pölynpoiston toimintakaavio, s. 18
- Kuva 4.3 Periaatepiirros holvaantumisesta, s.19
- Kuva 5.1 Malli suodattimesta ulkona, s. 22
- Kuva 5.2 SolidWorks-malli pystysekoittimesta, s. 24
- Kuva 5.3 Veitsipurkain, s. 25
- Kuva 5.4 Kiinalaisen hatun toimintaperiaate s. 26
- Kuva 5.5 Gun-Jet ilmatykki, s. 29
- Kuva 5.6 Fluidilevyt, s. 30
- Kuva 6.1 SolidWorks-malli ratkaisusta, s. 32
- Kuva 6.2 VKK, s. 34
- Kuva 6.3 Leikkausvoimakuvio, s. 35
- Kuva 6.4 Palkin momenttivoimakuvio, s.36
- Kuva 6.5 Leikkausjännitys jakauma, s. 37

TAULUKOT

- Taulukko 1 Pölynpoistoyksikön vaatimuslista, s. 20
- Taulukko 2 Valintataulukko, s. 31

LÄHTEET

Jokinen, Tapani.1998. Tuotekehitys. Helsinki: Valopaino Oy

UPM-Kymmene lyhyesti, UPM-Kymmene Oyj, Intranet. Luettu 10.12.2010

Gerhard, Pahl & Wolfgang, Beitz. 1990. Koneensuunnitteluoppi. Porvoo: Metal-
liteollisuuden kustannus Oy

Anderson, D. M., 2007, Design for Manufacturability.
(http://www.design4manufacturability.com/DFM_article.htm)

Ulrich, K., Eppinger, S., 2000. Product Design and Development. Second Edi-
tion. New York: The Macgraw-Hill Companies, Inc.

Valtanen E. 2007. Tekniikan taulukkokirja. 16. painos, Jyväskylä: Gummerus.

Järvelin, P, 2006. Kiintoaineen käsittely. Luentomateriaali, 2006, Tampereen
Ammattikorkeakoulu.

UPM-intranet, Toiminta Kaukaan tehdasalueella 2010. Luettu 10.12.2010

Syklonisuodattimen Käyttö ja huolto-ohjeet, Clevertex Oy, 2006.

Design engineer, UPM Kymi-Kaukas Markus Varis, Henkilökohtainen tiedonan-
to

Päivämestari, UPM Kaukas Markku Arpiainen, Henkilökohtainen tiedonanto

Työsuunnittelija, UPM Jämsänkoski Antero Kuha, Haastattelu 4.1.2010

Toivanen, S. 2007-2008. Lujuusoppi. Luentomateriaali. Saimaan ammattikor-
keakoulu. Lappeenranta